

גירוי מוחי עמוק

Reuben R. Shamir, Angela Noecker, Cameron C. McIntyre

אוניברסיטת Case Western Reserve, קליבלנד, אוהיו, ארצות הברית

סוקרים צעירים

NOAH

גיל: 9

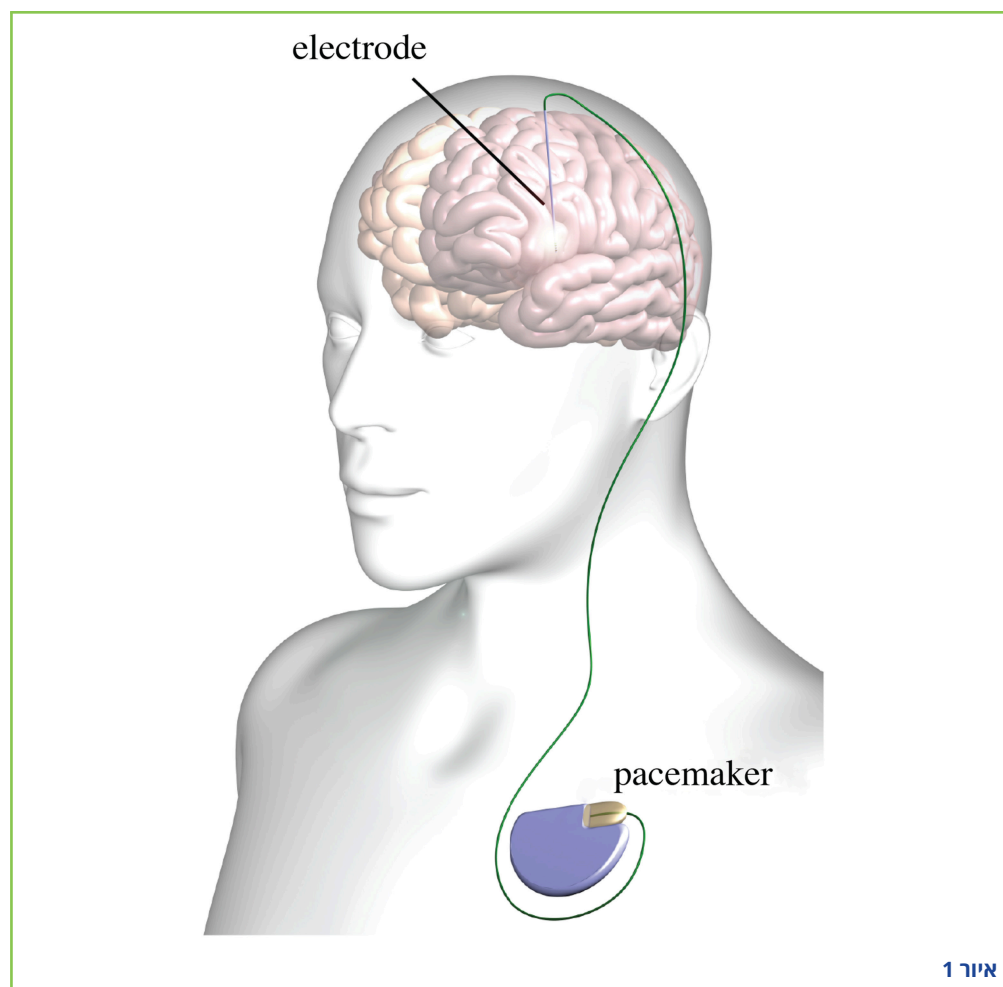


חלק מהמטופלים עם מחלות נוירולוגיות (כלומר מחלות שקשורות בהתנהגות בלתי תקינה של תפקודים מוחיים) אינם מגיבים טוב לתרופות הקיימות, ונאלצים לפנות לטיפולים כירורגיים כדי לטפל בתסמינים שהם חווים. מחלת פַּרְקִינְסוֹן לדוגמה, קשורה בנזק באזור מסוים במוח שנקרא גרעיני הבסיס, ומאופיינת ברמות נמוכות מהרגיל של ההורמון דופָּמין במוח. שינויים אלה בפיזיולוגיה של המוח מקושרים עם תסמינים תנועתיים כמו חוסר יציבות, רעד ואיטיות תגובה, אשר עשויים ליצור מגבלות משמעותיות בתפקוד. למרבה המזל, תרופות כמו לְבֻדוֹפָּה (Levodopa) יכולות להשיב באופן חלקי את איזון רמות הדופמין במוח ולהקל על התסמינים התנועתיים של המחלה, בפרט בשלביה המוקדמים. אולם עם התפתחות מחלת הפרקינסון הטיפול התרופתי נעשה פחות ופחות יעיל, ונדרש טיפול נוסף.

גירוי חשמלי של גרעיני הבסיס (כלומר של אותו האזור במוח שפגוע אצל חולי פרקינסון) מִקְלֵל על סימפטומים תנועתיים רבים של המחלה. הטיפול כולל הנחת אלקטרודה קבועה בגרעיני הבסיס, כמו גם מיקום קוצב מוחי מתחת לעור החזה של המטופל, אשר מספק את הכוח הנדרש להפיק את הגירוי החשמלי באלקטרודה שבתוך המוח (איור 1). בדרך כלל האלקטרודה מכילה ארבעה מגעים שמספקים סוגים שונים של גירוי חשמלי. לכן ישנן דרכים רבות שבהן רופא יכול לגרות את המוח באמצעות אלקטרודה אחת. ההשפעה של הגירוי החשמלי על התסמינים התנועתיים של מחלת הפרקינסון היא כמעט מיידית.

איור 1

מערך טיפוס של מכשירי גירוי מוחי עמוק. האלקטרודה (בחלק העליון של האיור) ממוקמת בתוך המוח ומחוברת לקוצב מוחי (מצד ימין למטה) שממוקם באופן קבוע מתחת לעור החזה של המטופל.



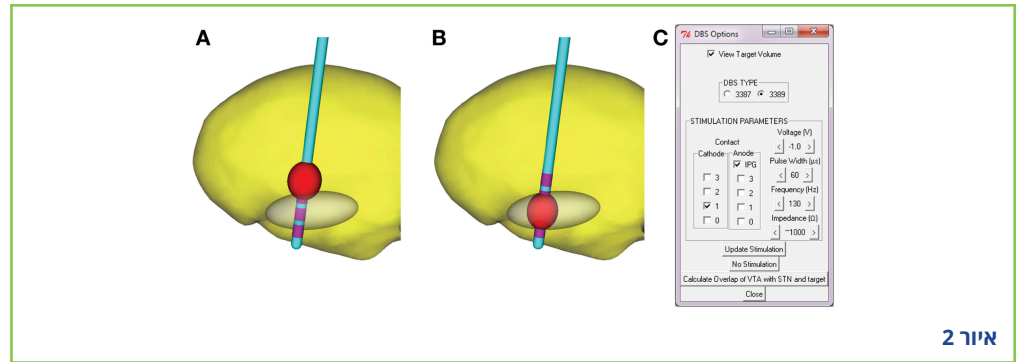
איור 1

רעד בלתי רצוני בידיים יכול להפסיק בבת אחת, המטופלים רוכשים לעיתים קרובות שליטה טובה יותר על ההליכה שלהם ואיכות חייהם משתפרת. כיום, גירוי מוחי עמוק עבור מחלת פרקינסון ומחלות נוירולוגיות תנועתיות אחרות הוא הליך שגרתי עם תועלות מוכחות. יתרה מזו, היישום שלו לבעיות נוירולוגיות ופסיכיאטריות נוספות נמצא בחקירה נרחבת, והוא בעל תוצאות מבטיחות לטיפול, בין השאר, בדיכאון, בהפרעה טורדנית-כפייתית (OCD – Obsessive-Compulsive Disorder) ובאפילפסיה.

למרות התועלת שבו, לגירוי מוחי עמוק עשויות להיות השפעות אשר משתנות עם הזמן ובין מטופלים, ולעיתים מופיעות גם תופעות לוואי שליליות. לכן מדענים ורופאים משקיעים מאמצים רבים בשיפור הטיפולים ובהימנעות מתופעות הלוואי. בהתבסס על נתונים רפואיים שנאספו בעשור האחרון, נוסחו הנחיות כלליות לבחירת המטופלים והוגדרו הנחיות לטיפולים זהירים עבור העלאת בטיחות הטיפול במחלת הפרקינסון ובמחלות תנועתיות נוספות. מתברר שההנחיות הכלליות שנוסחו עשויות שלא לאפשר טיפולים מועילים בכשליש מחולי הפרקינסון אשר יכלו להפיק תועלת מגירוי מוחי עמוק. יתרה מזו, ההנחיות הכלליות אינן יכולות לכסות שונות רבה בין מטופלים, ושני מטופלים עם תסמינים שונים עשויים לקבל את אותו הטיפול, מה שעשוי להיות פחות יעיל בהשוואה לטיפול שמותאם באופן פרטני למטופל. לכן המחקר שלנו מתמקד כיום בגישה פרטנית למטופל

איור 2

מודל של ההשפעה של גירוי מוחי עמוק על מוחו של מטופל. האזור האדום מייצג את האזור המוחי שיופעל תחת הגירוי החשמלי המסוים שנבחר. גירוי של האזור האפור צפוי להניב את התוצאות הרצויות ביותר. לכן ככל שהאזור גדול יותר, והאדום תהיה גדולה יותר, הטיפול יהיה מוצלח יותר. בהמשך שלנו, מערך הגירוי שמפעיל את רקמת המוח בתוך האזור האפור **B**. מתועדף על פני מערך הגירוי שמפעיל רקמת מוח אשר נמצאת רבה מחוץ לאזור האפור **A**. הפרמטרים השונים שמשפיעים על תוצאות הגירוי החשמלי. דמיינו עד כמה קשה להחליט, ללא הדרכה וניסיון, מהם הערכים אשר יקלו על התסמינים של המטופל.



איור 2

שבה הטיפול מותאם, בין השאר, לתסמינים המסוימים של המטופל ולהיסטוריה הרפואית שלו.

באופן מסורתי האמינו כי גירוי חשמלי מנטרל את הפעילות של אזור המוח הפגוע. אולם מחקרים עכשוויים מציעים שההשפעה של הטיפול היא מורכבת יותר, וכוללת נטרול של אזורים מסוימים והפעלה של אזורים אחרים. קבוצת המחקר שלנו מחשבת עבור כל מטופל את פיזור הגירוי החשמלי במוח, מעריכה את האזורים המוחיים שמופעלים על-ידי גירוי חשמלי מסוים, ומקשרת בין האזורים המוחיים המופעלים לבין התוצאות בפועל של הטיפול בפרקינסון ותופעות הלוואי שלו (איור 2). בעתיד, רופא יוכל לבחון פרמטרים שונים של גירוי חשמלי (כמו למשל מתח ותדירות) ולקבל, תוך זמן קצר הערכה טובה של השפעותיהם ותופעות הלוואי שלהם, ללא צורך בעירוב נוסף של המטופל. בחינה זו תבצע באמצעות תוכנת מחשב ייעודית שתוכל לחשב באופן אוטומטי את המערך המוצלח ביותר עבור יעילות מרבית של הטיפול, ולקצץ את זמן הביקור אצל הרופא. אופטימיזציה זו תבצע בהתאם לתסמינים ולתרופות המסוימים של המטופל. לדוגמה, הגירוי המיטבי עבור חולה עם רעד ביד שמאל יהיה שונה מהגירוי המיטבי עבור חולה עם איטיות תגובה ברגל שמאל. אנו מקווים להחיל את הגישה הזו על מחלות נוספות כבר בעתיד הקרוב.

גישה מעניינת נוספת היא להקליט את הפעילות המוחית של המטופל בעת ביצוע פעילויות תנועתיות, קוגניטיביות (כמו זיכרון, שפה וכדומה) ופסיכיאטריות, וליצור מפה שמקשרת בין התפקיד לבין מיקומי אלקטרודות אפשריים. לאחר מכן האלקטרודה ממוקמת באופן כזה שאזור המטרה מקבל את הגירוי הגדול ביותר. מדענים הציעו להשתמש בגירוי מוחי עמוק רק במקרים שבהם נצפית פעילות מוחית בלתי תקינה ושהוכח שיפור בבחינה של מקרים דומים בבעלי חיים. מחקרים נוספים עדיין נדרשים כדי להבין את טווח התופעות השלם של הגירוי המוחי העמוק.

לסיכום, גירוי חשמלי מוחי עמוק יכול להקל על מחלות נוירולוגיות ופסיכיאטריות שעשויות, אחרת, להיות ללא טיפול. מוקד המחקר שלנו כיום הוא בגישה פרטנית למטופל, במטרה למקסם את יעילות הטיפול ולמזער את תופעות הלוואי.

מקורות

1. Butson, C. R., Cooper, S. E., Henderson, J. M., Wolgamuth, B., and McIntyre, C. C. 2011. Probabilistic analysis of activation volumes generated during

- deep brain stimulation. *Neuroimage* 54:2096–104. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.10.059
2. Eitan, R., Shamir, R. R., Linetsky, E., Rosenbluh, O., Moshel, S., Ben-Hur, T., et al. 2013. Asymmetric right/left encoding of emotions in the human subthalamic nucleus. *Front. Syst. Neurosci.* 29:69. doi: 10.3389/fnsys.2013.00069
 3. Frankemolle, A. M., Wu, J., Noecker, A. M., Voelcker-Rehage, C., Ho, J. C., Vitek, J. L., et al. 2010. Reversing cognitive-motor impairments in Parkinson's disease patients using a computational modelling approach to deep brain stimulation programming. *Brain* 133:746–61. doi: 10.1093/brain/awp315
 4. Rosin, B., Slovik, M., Mitelman, R., Rivlin-Etzion, M., Haber, S. N., Israel, Z., et al. 2011. Closed-loop deep brain stimulation is superior in ameliorating parkinsonism. *Neuron* 72:370–84. doi: 10.1016/j.neuron.2011.08.023
 5. Starr, P. A., Vitek, J. L., and Bakay, R. A. 1998. Ablative surgery and deep brain stimulation for Parkinson's disease. *Neurosurgery* 43:989–1013. doi: 10.1097/00006123-199811000-00001

פורסם אונליין: 18 בינואר 2019

נערך על ידי: Robert T. Knight, University of California, Berkeley, USA

ציטוט: Shamir RR, Noecker A and McIntyre CC (2019) גירוי מוחי עמוק. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2014.00012-he

תורגם והותאם:

Shamir RR, Noecker A and McIntyre CC (2014) Deep brain stimulation. *Front. Young Minds* 2:12. doi: 10.3389/frym.2014.00012

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © Shamir, Noecker and McIntyre 2014. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

NOAH, גיל: 9

למדתי במסגרת חינוך ביתי מאז שהייתי בן 3. אני אוהב את כל סוגי המכניקה, במיוחד רובטיקה. אני נהנה לטפל בתרנגול שלי, לשחק עם החברים שלי, לעשות התעמלות ולקיים דינאים. כשאגדל, אני רוצה להיות ממציאן.



הכותבים

REUBEN R. SHAMIR

ראובן הוא מהנדס. הוא משקיע את זמנו ומאמציו בעזרה לאנשים עם מחלות מוחיות באמצעות פיתוח טכנולוגיות אשר משפרות את ביטחון הטיפולים ואת תוצאותיהם. ראובן נהנה משילוב של אלגוריתמים מתקדמים מתחום המחשב ושיטות חישוביות מתקדמות בתוכנות ובמכשירים אשר משפרים את איכות החיים שלנו.

ANGELA NOECKER

CAMERON C. MCINTYRE

ד"ר מקינטייר רכש את השכלתו האקדמית באוניברסיטת Case Western Reserve. המחקר שלו מתמקד בביופיזיקה של אינטראקציות בין שדות חשמליים לתאי עצב. בין השנים 2003 ל-2012 הוא כיהן כראש מעבדת מחקר בקרן הרפואית של קליבלנד. בשנת 2013 הוא הקים את המרכז לנוירומודולציה באוניברסיטה. ד"ר מקינטייר הוא כיום פרופסור בבית הספר לרפואה במחלקה להנדסה ביו-רפואית. המטרה הבסיסית של תוכנית המחקר שלו היא להשתמש בידע על מנגנוני הריפוי של גירוי מוחי עמוק כדי להנדס בצורה טובה יותר את הדור הבא של מכשירי הגירוי המוחי העמוק.



Hebrew version
provided by

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (ע.ר.)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

